

## Verfahren und Einrichtung zum geordneten Ausgleich intermittierender Verbrennungen

**Patent number:** DE962560  
**Publication date:** 1957-04-25  
**Inventor:** TROMMSDORFF DIPL-ING DR PHIL W  
**Applicant:** VERSUCHSANSTALT FUER LUFTFAHRT  
**Classification:**  
- international:  
- european: F02K7/02  
**Application number:** DE1954D017617 19540423  
**Priority number(s):** DE1954D017617 19540423

**Report a data error here**

Abstract not available for DE962560

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
25. APRIL 1957

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr 962 560

KLASSE 46f GRUPPE 2

INTERNAT. KLASSE F 02c

D 17617 Ia/46f

Dipl.-Ing. Dr. phil. Wolf Trommsdorff, Aachen  
ist als Erfinder genannt worden

Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V., Garmisch-Obergrainau

## Verfahren und Einrichtung zum geordneten Ausgleich intermittierender Verbrennungen

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 23. April 1954 an  
Patentanmeldung bekanntgemacht am 31. Oktober 1956  
Patenterteilung bekanntgemacht am 11. April 1957

Intermittierende Verbrennungen, wie sie z.B. in der Holzwarthturbine und in den intermittierenden Strahltriebwerken benutzt werden, können bei gut geleitetem verpuffungsartigem Verbrennungsvorgang den Vorteil haben, daß ohne zusätzlich zu leistende Verdichterarbeit eine Druckerhöhung im Brennraum bzw. in der Brennkammer oder in den Brennkammern auftritt, die, für sich allein oder zu einer anderweitig schon erzeugten Druckerhöhung hinzugefügt, das Druckgefälle gegen die Umgebung schafft, das zur gewünschten Umsetzung der Wärmeenergie der Verbrennungsgase in mechanische Energie benötigt wird.

Das in einem Brennraum oder in einer Brennkammer durch verpuffungsartige Gleichraumverbrennung erzeugte Druckverhältnis (Druck nach der Gleichraumverbrennung dividiert durch den Druck vor der Gleichraumverbrennung) kann bis zum Verhältnis der absoluten Temperaturen (nach und vor der Verbrennung gemessen) gesteigert werden.

Dieser Vorteil der intermittierenden Gleichraumverbrennung konnte bisher nur in Kolbenmotoren durch die statische Kraftübertragung der Kolbenmaschine ausreichend ausgenutzt werden. Unter »statischer Kraftübertragung« wird eine Kraft- und

Energieübertragung verstanden, bei der die Bewegungsenergie des Arbeitsmittels gering bleibt.

Einer guten dynamischen Energieumsetzung in nachgeschalteten Düsen bzw. Turbinenlaufrädern 5  
widersetzte sich das von einer explosionsartigen Gleichraumverbrennung anfallende gasförmige energiereiche Arbeitsmittel bisher stets deshalb, weil das aus dem Brennraum bzw. der oder den Brennkammern anfallende gasförmige Arbeitsmittel 10  
intermittierend austrat und mit zeitlich stark und schnell wechselndem Druckgefälle und Energiegehalt angeliefert wurde.

Richtig gestaltete Düsen oder richtig gestaltete Düsen mit richtig gestalteten Turbinenlaufschaufel- 15  
kränzen verarbeiten aber mit befriedigendem Wirkungsgrad nur gerade das Druckgefälle und den Wärmehalt des Arbeitsmittels, für das sie ausgelegt und konstruiert worden sind. Der Weg, durch regelbar veränderliche Düsen und gar durch 20  
regelbar veränderliche Schaufeln von Turbinenlaufschaufelkränzen eine Anpassung an die sehr schnell wechselnden Bedingungen nach intermittierend arbeitenden Brennräumen vornehmen zu wollen, ist technisch möglich, aber unbefriedigend.

Der Erfindung liegt nun folgende Überlegung zugrunde: Das aus intermittierenden verpuffungs- 25  
artigen Gleichraumverbrennungen anfallende gasförmige Arbeitsmittel mit dem zeitlichen Nacheinander schnell wechselnder Zustandsgrößen und Energieinhalte soll einem ordnenden Vorgang der- 30  
art unterworfen werden, daß daraus ohne ungünstige entropievermehrnde Mischung ein geordnetes räumliches Nebeneinander von gasförmigen Arbeitsmittelteilen mit den verschiedenen Zustandsgrößen und Energieinhalten wird. 35

Diese räumlich nach ihrem Energieinhalt, nach ihren Zustandsgrößen und nach anderen physikalischen Kennzeichen, z. B. spezifischem Dreh- 40  
impuls, geordneten Arbeitsmittelteilen, werden unter Aufrechterhaltung der Ordnung teils vorübergehend gespeichert, teils auf getrennten Wegen geordnet weitergeführt, wobei eine schädliche entropievermehrnde Mischung durch dasselbe ord- 45  
nende Prinzip weitgehend unterdrückt wird.

Auf diesem weiteren Weg wird dem geordneten Arbeitsmittel die jeweils bestmögliche Gelegenheit zur möglichst verlustfreien Umsetzung von Wärme- 50  
energie in mechanische Energie unter völliger oder teilweiser Ausnutzung des vorhandenen Druckgefälles geboten.

Als geeignetes Mittel zum Ordnen wurde die Sonderung in einem Gasstrudel erkannt.

Die in einem Gasstrudel auftretenden Effekte, bisher wenig bekannt und untersucht und technisch 55  
noch gar nicht ausgenutzt, lassen sich ohne Hilfe mathematischer Formeln anschaulich wie folgt beschreiben:

Strömt ein Gas längs der Achse eines durch eine dreh-symmetrische Umhüllung begrenzten Raumes, 60  
und ist der axialen Längsbewegung eine irgendwie geartete Drehbewegung um die Achse überlagert, so soll diese Strömungsform »Strudelströmung« oder kurz »Strudel« genannt werden. Ein Rohr-

strudel, d. h. eine Strudelströmung in einem Rohr, liegt dann vor, wenn die Axialgeschwindigkeit auf 65  
der ganzen Längserstreckung des Gebildes konstant ist. Ein Düsenstrudel, d. h. eine Strudelströmung in einer Düse, liegt dann vor, wenn die Axialgeschwindigkeit längs des Gebildes ansteigt. Eine Strudelströmung werde in einem Querschnitt 70  
als im Gleichgewicht betrachtet, wenn die örtlichen Zentrifugalkräfte mit dem örtlichen radialen Gasdruckgradienten im Gleichgewicht stehen, wenn also den Gasteilen keine zusätzlichen Radialbeschleunigungen erteilt werden. 75

Treten in einem solchen Strudel intermittierend Gasteile mit zeitlich veränderlichen Energieinhalten und Drehimpulsen ein, so ist die Strudelströmung nach obiger Definition im Eintrittsquerschnitt als nicht im Gleichgewicht befindlich anzusehen. Je 80  
nach der Größe der Drehbewegung, gemessen durch die Machzahlen der Umfangsgeschwindigkeiten, tritt längs der Achse fortschreitend nach einer mehr oder minder kurzen Ordnungsstrecke eine Ordnung der Gasteile ein, die Gleichgewichtszuständen in 85  
den folgenden Querschnitten zustrebt.

Bei der Untersuchung eines geordneten Gleichgewichtszustandes findet man von der Achse zur Wandung gehend ein Ansteigen des spezifischen Drehimpulses vor. Unter »spezifischer Drehimpuls« 90  
wird der Drehimpuls je Volumenelement verstanden.

Verfolgt man längs der Ordnungsstrecke die Bahnen verschiedener Gasteile, die mit einem größeren spezifischen Drehimpuls in den Gasstrudel eintraten, so findet man, daß sie ihren Weg mehr 95  
zur Wandung hin genommen haben, dort ihren Platz einnehmend, der ihnen ihrem spezifischen Drehimpuls gemäß zukommt. Diejenigen Gasteile aber, die mit einem geringeren spezifischen Drehimpuls eintraten, sind zur Achse hin abgedrängt 100  
worden.

Eine Möglichkeit, die Gasteile auch nach ihrem Energieinhalt zu trennen, besteht nun darin, daß die Gasteile beim Austritt aus der Brennkammer so geführt werden, daß das Verhältnis der Umfangs- 105  
geschwindigkeit und damit des Drehimpulses zur Axialgeschwindigkeit immer dasselbe bleibt. Einfache technische Mittel hierzu sind Leitschaufelaggregate am Brennkammeraustritt oder eine entsprechende Formgebung des Brennraumes oder des 110  
Brennraumaustritts.

Unterstellt man ferner, daß am Brennraumaustritt kritische Verhältnisse herrschen, was bei verpuffungsartiger Gleichraumverbrennung sicher ist, dann ist das Quadrat der Gasgeschwindigkeit am 115  
Brennraumaustritt immer verhältnisgleich dem gesamten Energiegehalt des jeweils den Brennraumaustritt passierenden Gasteiles. Mit obiger Forderung des durch die Geometrie am Brennraumaustritt vorgeschriebenen Verhältnisses von Umfangsgeschwin- 120  
digkeit und Axialgeschwindigkeit verbunden ergibt sich, daß das Quadrat des spezifischen Drehimpulses am mit geeignet geformten oder mit einem geeignet geformten Leitschaufelaggregat versehenen Brennkammeraustritt für jedes austretende Gasteil 125  
verhältnisgleich dem gesamten Energieinhalt des

betreffenden Gasteiles ist. Die Ordnung im Gleichgewichtszustand eines Strudelquerschnitts nach der Größe des spezifischen Drehimpulses der Gasteile bringt so zwangsläufig auch eine Ordnung nach der

Größe des Energiegehaltes der Gasteile mit sich.

In einem Rohrstrudel wird die zur Ordnung nötige Anlaufstrecke länger ausfallen. In einem Düsenstrudel, besonders bei einer Querschnittsverringerung der Strudeldüse, wird sie kürzer ausfallen.

Eine Querschnittsverringerung in der Strudeldüse ist natürlich nur dann möglich, wenn die Gase nur an einem genügend peripheren Teil des rotations-symmetrischen Düsengebildes eintreten, so daß ihnen bei einer Querschnittsverringerung in axialer Strömungsrichtung genügend Ausweichraum zur Achse hin offen bleibt.

Das Strudelrohr bzw. die Strudeldüse leistet aber noch mehr. Sie glättet bei genügend langer Anlaufstrecke und bei genügend großem Speichervolumen die zeitliche Ungleichmäßigkeit des von einem oder mehreren intermittierend arbeitenden Brennkammern zufließenden Arbeitsmittels. Ein mit hoher Energie und mit hohem Drehimpuls an einer Stelle des Umfangs austretendes Arbeitsmittelteil findet man nach kurzer Ordnungsstrecke auf dem ganzen Umfang verteilt wieder, dort seinen Platz einnehmend, der ihm seinem spezifischen Drehimpuls gemäß zukommt und Arbeitsmittelteile geringeren spezifischen Drehimpulses mehr zur Achse hindrängend. Die Teile mit hohem spezifischen Drehimpuls und hoher Energie werden in dem Speicher vor einer Verengung des Querschnitts mehr oder minder aufgestaut und zurückgehalten. Sie können gar nicht durch die achsnahen Teile des engsten Querschnitts abfließen und passieren die engste Stelle nur nach und nach am äußersten Umfang. Teile mit geringerem spezifischen Drehimpuls dagegen finden nahe der Achse freien und ungehinderten Durchgang.

Weiter befördert das Strudelrohr bzw. die Strudeldüse in Verbindung mit einem Aggregat von intermittierend brennenden Brennkammern die Füllung der nicht unter Druck arbeitenden Brennkammern mit Frischluft oder frischem Gasgemisch auch dann, wenn sich die gesamte Anordnung gegenüber der Außenluft in Ruhe befindet bzw. wenn kein besonderer Lader vorgesehen ist. Sowie auch nur eine Kammer des Brennkammeraggregates gezündet hat und ausbläst, beginnt die Rotationsbewegung im Strudelrohr bzw. in der Strudeldüse.

Diese Rotationsbewegung schafft in der Umgebung der Achse der Strudeldüse bzw. des Strudelrohres einen Unterdruck. So entsteht zwischen Eintrittsseiten und Austrittsseiten der Kammern ein Druckgefälle, das Frischluft in die Kammern fördert.

Auch die Entspannung auf den Enddruck geht verlustlos ohne schädliche Entropievermehrung vonstatten, da das ordnende Prinzip der Strudeldüse in allen folgenden Querschnitten erhalten bleibt und eine schädliche entropievermehrnde Durchmischung verhindert. Bei dieser Entspannung wird die durch die Zustandsgrößen des Arbeitsmittels in der Brennkammer vorgegebene größtmögliche Umsetzung von

Wärmeenergie in Bewegungsenergie erreicht. Die Trennung nach dem Energiegehalt wird hierbei nicht aufgehoben, so daß, wenn das gasförmige Arbeitsmittel ein anschließendes Turbinenlaufrad beaufschlagen soll, es durch geeignete Formgebung der Turbinenschaufeln leicht möglich ist, in jedem Achsabstand die anfallende Bewegungsenergie mit bestem Wirkungsgrad auf den Turbinenrotor zu übertragen.

Soll aber die Strudeldüse bzw. das Strudelrohr als Strahltriebwerk arbeiten, so kann am Ende des Rohres oder der Düse der Anteil der Bewegungsenergie, der in der Umfangsgeschwindigkeit des Arbeitsmittels für eine Schuberzeugung nutzlos steckt, durch geeignet geformte Leitbleche am Ausgang umgelenkt und zu zusätzlicher Schuberzeugung herangezogen werden.

Nachstehend werden einige Ausführungsformen und Anwendungsbeispiele der Erfindung an Hand von schematischen Zeichnungen beschrieben unter dem ausdrücklichen Vorbehalt, daß diese Aufzählung der Anwendungsbeispiele keineswegs vollzählig ist und daß dadurch die weitere und weitergehende Anwendung des Erfindungsgedankens auf die angeführten Beispiele nicht beschränkt wird.

Es zeigt

Fig. 1 ein Aggregat von Brennkammern in der Seitenansicht, teilweise geschnitten,

Fig. 1b einen Schnitt nach der Linie I-I der Fig. 1a,

Fig. 1c einen Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 1a,

Fig. 2a ein weiteres Aggregat von Brennkammern, das dem gemäß Fig. 1 ähnlich ist in der Seitenansicht, teilweise geschnitten,

Fig. 2b einen Schnitt in Richtung III-III der Fig. 2a,

Fig. 2c einen Schnitt in Richtung IV-IV der Fig. 2a,

Fig. 3 ein Aggregat von Brennkammern ähnlich dem nach Fig. 2a mit zwischen Scheidewänden angeordneten Leitschaufeln, teilweise geschnitten,

Fig. 4a eine ringförmige Brennkammer mit einem ventilartigen, festen Schaufelgitter am Ein- und Austritt,

Fig. 4b eine Abwicklung des Eintrittsschaufelgitters nach Fig. 4a,

Fig. 4c eine Abwicklung des Austrittsschaufelgitters nach Fig. 4a,

Fig. 5 ein einfaches Strudelrohr im Schnitt,

Fig. 6 ein einfaches Strudelrohr mit nachgeschalteter, sich erweiternder Düse im Schnitt,

Fig. 7 ein einfaches Strudelrohr mit Strudeldüse im Schnitt,

Fig. 8 ein besonders geräumiges, speicherfähiges Strudelrohr mit nachgeschalteter Strudeldüse im Schnitt,

Fig. 9a ein Strudelrohr mit Leitschaufeln im Schnitt,

Fig. 9b einen Schnitt durch zwei Leitschaufeln der Anordnung gemäß Fig. 9a,

Fig. 10a einen Schnitt durch ein Strudelrohr mit nachgeschalteter Düse und festen Leitschaufeln,

Fig. 10b einen Schnitt durch zwei Leitschaufeln der Anordnung gemäß Fig. 10a,

Fig. 11a ein Strudelrohr mit nachgeschalteter Düse und hinter dieser angeordneter Turbine,

5 Fig. 11b Schnitte durch eine Schaufel der Turbine nach Fig. 11a,

Fig. 12a einen Schnitt durch ein Mehrkammerstrahltriebwerk mit Strudeldüse und spiralgewundenen Brennkammern,

10 Fig. 12b eine Teilabwicklung des Brennkammer-eintrittsventils nach Fig. 12a,

Fig. 12c eine Abwicklung der Leitschaufeln des Austrittsgitters der Anordnung nach Fig. 12a,

15 Fig. 12d einen Schnitt durch die Brennkammern nach der Linie V-V der Fig. 12a,

Fig. 12e eine vergrößerte Darstellung eines Brennkammerteilraumes der Anordnung nach Fig. 12a,

20 Fig. 13a eine Strudeldüse zum Ausgleich der intermittierenden Verbrennung eines Ringrohrbrennraumes in Verbindung mit einem Strudeldüsenventil,

Fig. 13b die Abwicklung des Eintrittsschaufelgitters nach Fig. 13a,

25 Fig. 13c eine Abwicklung des Strudelschaufelgitters nach Fig. 13a,

Fig. 13d die Abwicklung der Austrittsleitschaufeln des Beispiels nach Fig. 13a,

30 Fig. 14a einen Schnitt durch ein kombiniertes intermittierendes Staustrahltriebwerk mit Strudeldüse,

Fig. 14b eine Teilabwicklung des Brennkammer-eintrittsventils der Fig. 14a,

Fig. 14c eine Teilabwicklung der Austrittsleitschaufeln der Anordnung nach Fig. 14a,

35 Fig. 14d einen Schnitt nach der Linie VI-VI der Anordnung nach Fig. 14a,

Fig. 14e einen Teilschnitt durch den Brennraum-mantel der Anordnung nach Fig. 14a,

40 Fig. 15 eine Ansicht, teilweise im Schnitt, einer kompressorlosen Gasturbine mit Strudeldüse zum Ausgleich der intermittierenden Verbrennung eines Aggregates von umgesteuerten, pulsierenden, selbstansaugenden Brennkammern,

45 Fig. 16a einen Schnitt durch eine kompressorlose Gasturbine mit Strudeldüse eines Aggregates von gesteuerten, geschlossenen Gleichraumbrennkammern,

Fig. 16b eine Teilansicht der Anordnung nach Fig. 16a,

50 Fig. 17a einen Teilschnitt durch eine intermittierend brennende Gasturbine mit Strudeldüse,

Fig. 17b die Abwicklungen der Teile der Anordnung nach Fig. 17a.

Die Fig. 1 bis 4 zeigen technische Mittel, die bewirken, daß die Gase beim Austritt aus einer intermittierend brennenden Brennkammer so geführt werden, daß das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Axialgeschwindigkeit immer dasselbe bleibt.

60 In Fig. 1 ist ein Aggregat von Brennkammern 1 gezeigt, die, durch die Brennkammerscheidewände 2 voneinander getrennt, um einen Zentralkörper 3 herum spiralgewunden geführt sind und durch

die gemeinsame Brennkammerhülle 4 umschlossen werden. Bei 5 treten die Gase aus der Brennkammer aus. 65

Das Strudelrohr 6 sammelt die austretenden Verbrennungsgase. Ein ventilartiger Verschluss 7 gestattet den Eintritt von Gasen, verwehrt aber deren Zurückfließen. Bei dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel wird das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Axialgeschwindigkeit dadurch festgelegt, daß die austretenden Gase der gewundenen Form der Kammerscheidewände folgen. 70

In Fig. 2 ist ein Aggregat von Brennkammern 8 um einen Zentralkörper 9 gezeigt, die durch die Brennkammerscheidewände 10 voneinander getrennt sind. Die Hülle 13 umschließt das Aggregat. 75

Die achsparallel geführten Brennkammerscheidewände 10 enden in spiralgewundenen Endstücken 11. Ein ventilartiger Verschluss 12 gestattet den Eintritt von Gasen, verwehrt aber deren Zurückfließen. Das Strudelrohr 14 sammelt die austretenden Verbrennungsgase. Bei dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel wird das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Axialgeschwindigkeit dadurch festgelegt, daß die austretenden Gase durch die gebogenen Endstücke 11 umgelenkt werden. 80

In Fig. 3 ist ein Aggregat von Brennkammern 15 gezeigt, die durch die Brennkammerscheidewände 16 mit den spiralgewundenen Endstücken 17 voneinander getrennt sind. Zwischen die Endstücke 17 sind Leitschaufeln 18 eingebaut. 85

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel wird das Verhältnis zwischen Umfangsgeschwindigkeit zu Axialgeschwindigkeit dadurch festgelegt, daß die austretenden Gase durch die gebogenen Endstücke 17 im Zusammenwirken mit den Leitschaufeln 18 umgelenkt werden. 90

In Fig. 4a ist eine ringförmige Brennkammer 19 gezeigt, die von der Brennkammerhülle 20 umschlossen wird und die selbst den Zentralkörper 21 umschließt. 95

Ein den Gaseintritt gestattender, deren Rückfließen aber verwehrender ventilartiger Verschluss 22 verschließt die Brennkammer 19 an ihrem vorderen Ende. Eine Abwicklung dieses Verschlusses ist in Fig. 4b dargestellt. Der Verschluss wirkt gleichzeitig als Strudel- bzw. Dralldüse und als Rückströmdrossel und wird im folgenden als Strudeldüsenventil bezeichnet. 100

Die Brennkammer ist an ihrem hinteren Ende mit zu einem Schaufelkranz zusammengefaßten Schaufeln 23 versehen, in denen die austretenden Gase umgelenkt werden. Eine Abwicklung des Schaufelkranzes ist in Fig. 4c dargestellt. Durch den Austrittswinkel der Schaufeln 23, dem das austretende Gas folgt, wird das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit zu Axialgeschwindigkeit festgelegt. 105

Die Gase treten nach den Schaufeln 23 in das Strudelrohr 24 und die Strudeldüse 25 ein. Das Strudelrohr 24 ist reichlich bemessen, derart, daß es im Zusammenwirken mit der Strudeldüse 25, die bei dem Vorgang mit nur einer Brennkammer nötige Speicherwirkung für die anfallenden energie- 120

reichen Gase hat, und der im Strudelrohr nach dem Abklingen des Auspuffvorganges noch stehende kräftige Strudel wirksam die Neufüllung des Brennraumes durch die Saugwirkung seines Kernes unterstützt.

Die Fig. 5 bis 8 zeigen Ausbildungsformen des Strudelrohres bzw. der Struldüse.

Fig. 5 zeigt ein einfaches Strudelrohr 26.

Fig. 6 zeigt ein einfaches Strudelrohr 27 mit nachgeschalteter erweiterter Düse 28.

Fig. 7 zeigt eine Struldüse 29.

Fig. 8 zeigt ein besonders geräumiges speicherfähiges Strudelrohr 30 mit nachgeschalteter Struldüse 31.

Die Fig. 9 bis 11 zeigen Anordnungen zur Ausnutzung der Drallenergie am Ende des Strudels.

In Fig. 9a sind am Ende eines Strudelrohres 32 den Drehimpuls der Gase aufnehmende und in zusätzlichen Schub umwandelnde Leitschaufeln 33 angeordnet, deren Abwicklung in Fig. 9b dargestellt ist. Der Stützring 34 stützt die Leitschaufeln.

In Fig. 10a sind am Ende einer Struldüse 35 den Drehimpuls der Gase in Schub umwandelnde Leitschaufeln 36 angebracht, deren Abwicklung in Fig. 10b dargestellt ist. Der Stützring 37 stützt die Leitschaufeln.

In Fig. 11 ist dargestellt, wie die Gase am Ende einer Struldüse 38 die stark verwundenen Schaufeln 39 eines Turbinenlaufrades 40 beaufschlagen und dort ihre Bewegungsenergie ganz oder teilweise an das Laufrad abgeben, das sie ohne Drehimpuls verlassen. In Fig. 11b sind verschiedene Querschnitte *a-a*, *b-b* und *c-c* der Turbinenschaufel 39 dargestellt, aus denen die Schaufelverwindung hervorgeht.

Die weiteren Figuren zeigen die Zusammenstellung der in Fig. 1 bis 11. dargestellten Bauelemente zu Geräten verschiedener Verwendungszwecke.

Fig. 12a zeigt ein Mehrkammerstrahltriebwerk mit Struldüse zum Ausgleich intermittierender Verbrennungen und mit spiralförmig gewundenen Brennkammern.

Bei 41 tritt Luft in das Triebwerk ein und verteilt sich bei 42 auf die ganz oder teilweise spiralförmig gewundenen Brennkammern 43, die durch die Kammerscheidewände 44 voneinander getrennt sind. Der gemeinsame Brennraummantel 45 umfaßt die Brennkammern außen. Die Außenwand 46 des Zentralkörpers 47 ist die innere Begrenzung des Brennkammerringes. In jeder Brennkammer verhütet ein Ventilatz 48 das Zurückschlagen der Verpuffung in den Raum 42. Der Ventilatz 48 kann nach Fig. 12b in Form eines aerodynamischen Ventils ohne bewegte Teile ausgebildet sein, in dem gegeneinander auf Lücke versetzte Profilkörper 49 derart angebracht sind, daß sie einem durchtretenden Luftstrom in der einen Richtung einen geringen, in der Gegenrichtung aber einen sehr großen Strömungswiderstand entgegensetzen.

In den Brennkammern sind in bekannter Weise eine oder mehrere Brennstoffeinspritzdüsen 50 und eine oder mehrere Zündvorrichtungen 51 ange-

bracht. Aus Fig. 12d, die einen Querschnitt durch die Brennkammer längs der Linie V-V der Fig. 12a darstellt, ist eine beispielsweise Verteilung der Düsen 50 über den Umfang ersichtlich. In Fig. 12e ist ein axialer Brennkammerabschnitt in vergrößer-tem Maßstab dargestellt. Durch einen rotierenden Verteiler 52 mit regelbarer Drehzahl und regelbarer Fördermenge wird nacheinander auf je eine Brennkammer oder gleichzeitig auf eine sinnvoll ausgewählte Gruppe von Brennkammern, z. B. je zwei gegenüberliegenden oder drei um 120° versetzten oder irgendeiner anderen symmetrischen oder unsymmetrischen Kombination eine regelbare Brennstoffmenge gegeben und in einem der Durchmischungszeit angemessenen Zeitintervall später der Zündimpuls. Der Vorgang kann auch solchermaßen variiert werden, daß die Zündvorrichtungen 51 entweder durch von außen zugeführte Energie kontinuierlich am Glühen gehalten werden, oder daß die Zündvorrichtungen von den vorhergegangenen Verpuffungen noch Wärme genug haben und zündfähig glühen, oder daß beide Vorgänge zugleich oder nacheinander zum Zünden betrieben werden, und daß die Zündvorrichtungen räumlich getrennt stromab der zugehörigen Einspritzdüse 50 derart angeordnet sind, daß, wenn die Brennstoffluftgemischwolken mehrerer längs des Brennraumes verteilter Einspritzdüsen die zugehörigen Zündstellen erreicht haben, Zündung an einer Stelle oder gleichzeitig an verschiedenen Stellen längs des Brennraumes eintritt. Der letztere Vorgang wird angestrebt, weil er dem thermodynamisch günstigen Vorgang der Gleichraumverbrennung am nächsten kommt.

Die Zündung leitet die verpuffungsartige chemische Umsetzung in der Gemischwolke ein, deren Endprodukte, die Verbrennungsgase, nicht nur eine höhere Temperatur als das ursprüngliche Gemisch haben, sondern auch, wenn der Brennraum eine geeignete Länge im Verhältnis zum freien Austrittsquerschnitt hat und in angemessener Weise der Verbrennungsgeschwindigkeit angepaßt ist, unter einem höheren Druck stehen. Der Ventilatz 48 verhindert mehr oder minder vollkommen ein Zurückfließen des Brennraum Inhaltes entgegengesetzt der allgemeinen Bewegungsrichtung. Der angestrebte größere Teil des Brennraum Inhaltes fließt in der allgemeinen Bewegungsrichtung durch das Brennraumende 53 ab.

Im Brennraumende 53 bekommt das Gas einen Drehimpuls.

Nach dem Verlassen des Brennraumes bilden die energiereichen Verbrennungsgase im Sammelraum 54 einen Strudel, dessen Kern mit seinem niedrigen Druck saugend auf die übrigen Brennräume wirkt und deren Füllung mit Frischgas bewirkt bzw. unterstützt. Die Gase mit höchstem Energieinhalt und Drehimpuls passieren den engsten Querschnitt 55 und die düsenförmige Erweiterung 56 am Umfang. Energie und impulsarme Teile passieren in der Umgebung der Düsenachse.

Der Sammelraum 54 wirkt ausgleichend auf die zeitlichen Ungleichmäßigkeiten in dem Gasstrom,

der laufend durch neue Verpuffungen gespeist wird, in der Zeitfolge, mit dem das Verteileraggregat 52 die einzelnen Brennkammern steuert.

Die Anzahl der brennenden und Druckgas aus-schiebenden Brennräume steht zur Anzahl der sich füllenden Brennräume zweckmäßig in einem Verhältnis, das dem Quotienten aus der Summe von Zündzeit, Brennzeit und Ausströmzeit einerseits und der gesamten Füll- und Mischzeit andererseits ver-hältnisgleich ist.

Am Ende der düsenförmigen Erweiterung 56 sind feste Leitschaukeln 57 angebracht, die durch ihre Formgebung in der Lage sind, den im austretenden Gasstrahl verbleibenden Drehimpuls in nutzbaren Axialschub umzuwandeln. Die Leitschaukeln 57 werden durch den Haltering 58 gestützt und zusammen-gehalten. Eine Abwicklung des Leitschaukelgitters ist in Fig. 12c dargestellt.

Am Heck des Zentralkörpers 47 kann noch ein drehbares Heckstück 59 untergebracht werden, auf dem im Anstellwinkel verstellbare Propellerflügel 60 dem austretenden Gasstrahl Bewegungsenergie entnehmen und über eine Welle 61 den Zündver-teiler 52 mit Pumpen und Zündmaschine antreiben.

Das beschriebene Triebwerk kann zum Antrieb von Luftfahrzeugen und Flugkörpern aller Art bzw. als frei fliegender Körper ausgebildet werden. Es ist den zur Zeit gebräuchlichen Gasturbinenrieb-werken durch sein geringes Gewicht, durch das fast völlige Fehlen bewegter Teile, wie z. B. Kom-pressor- und Turbinenläufer, entscheidend über-le-gen. Es wird im Wirkungsgrad bzw. im Brenn-stoffverbrauch gleich gut wie ein zur Zeit gebräuch-liches Triebwerk sein. Die höchsten zulässigen Temperaturen im Brennraum liegen über den in Gasturbinen zulässigen. Ebenfalls werden Raum-bedarf und Spantquerschnitt sich im Rahmen der zur Zeit gebräuchlichen Triebwerke halten.

Der Wirkungsgrad bzw. Brennstoffverbrauch übertrifft an Güte erheblich den der bekannten intermittierenden Strahltriebwerke. Das Aggregat hat gegenüber diesen Pulsotriebwerken durch den Saugeffekt des Strudels, der schon mit dem ersten in einer einzigen Brennkammer eingeleiteten Vor-gang einsetzt, den Vorteil eines beträchtlichen Standschubes, der Starthilfen aller Art überflüssig macht. Das Triebwerk ist durch Veränderung der Verteilerdrehzahl und durch Veränderung der Ein-spritzmenge in einem weiten Bereich leicht regelbar.

Fig. 13a zeigt eine Strudeldüse zum Ausgleich der intermittierenden Verbrennung eines Ringrohr-brennraumes in Verbindung mit einem gleichzeitig als Strudeldüse und als aerodynamisches Ventil bzw. Rückströmdrossel wirkenden Strudeldüsenventil.

Die Luft tritt von links kommend in den Diffusor 63 ein. Bei 64 kann der Gasstrahl diagonal, wie gezeichnet, oder radial umgelenkt werden. Er trifft dort auf das Schaufelgitter 65 des Strudeldüsen-ventils, das dem Gas einen Drehimpuls verleiht, der ihm erhalten bleibt, gleichgültig, ob das Gas in der allgemeinen Bewegungsrichtung weiterströmt oder ob es durch eine Verpuffung entgegengesetzt der all-gemeinen Bewegungsrichtung kurzzeitig zurückge-

worfen wird. Im Fall des Zurückwerfens der Gase werden sie eben in Folge ihres Drehimpulses nicht wieder zurück durch das Gitter strömen können. Das Schaufelgitter des Strudeldüsenventils ist ein besonders wirksames aerodynamisches Ventil oder Rückströmdrossel allgemeiner Anwendbarkeit, das ohne irgendwelche bewegten Teile zu enthalten, einem schnell fließenden Gasstrom in der einen Bewegungsrichtung fast gar keinen Strömungswider-stand entgegengesetzt, aber dem Gas in der Gegen-richtung, besonders bei kurzzeitigen Vorgängen, einen so großen Widerstand entgegengesetzt, daß der Gasdurchtritt in der Gegenrichtung kurzzeitig fast völlig versperrt ist. Zwischen dem Mantel 66 und der Hülle 67 des Zentralkörpers 68 befindet sich der ringförmige Brennraum 69. Die ringförmige Profilnase 70 mag Nutzlast enthalten. Der Brenn-raum 69 kann durch die Strudelbeschaukelung 71 abgeschossen werden, die den Drehimpuls der den Brennraum verlassenden Gase wirkungsvoll erhöhen kann.

In dem besonders geräumigen, z. B. röhrenförmigen, flaschenförmigen, düsenförmigen oder sonstwie rotationssymmetrisch gestalteten Sammelraum 72 bildet das austretende Gas einen Strudel mit der schon gekennzeichneten Drehimpuls- und Energie-verteilung. Durch den kritischen Querschnitt 73 der Düse fließen zeitlich nahezu gleichförmig am Um-fang allmählich die energie- und impulsreicheren Gasmassen nahe dem Umfang ab.

Der Strudel, allmählich abklingend, bleibt in dem geräumigen Sammelraum 72 auch dann noch be- stehen, wenn der eigentliche Verpuffungs- und Aus-strömungsvorgang im Brennraum schon beendet ist. Er bewirkt und unterstützt durch den Unterdruck im Strudelkern bei 74 die erneute Füllung des Brennraumes mit Frischgas, auch wenn das Trieb- werk sich relativ zur Umgebung in Ruhe befindet bzw. auch wenn kein Kompressor oder eine ähn-liche Vorrichtung die Füllung bewirkt. Leitschaukeln 75 setzen die im Drehimpuls der Gase noch vor-handene Energie in nützlichen Schub um. Die Leit-schaukeln 75 werden durch den Haltering 76 gestützt und zusammengehalten und sind in Fig. 13d in Ab-wicklung dargestellt, während Fig. 13b eine Abwick-lung des Strudeldüsenventils 65 und Fig. 13c eine Abwicklung des Strudelschaukelgitters enthält.

Im druckfesten Zentralkörper 68 ist in einem flexiblen Sack 77 flüssiger Brennstoff 78 gelagert. Durch ein Rückschlagventil 79 tritt bei jeder Verpuffung Druckgas in den Zentralkörper, durch Druck auf den flexiblen Sack 77 Brennstoff über das Sammelrohr 80, die Regeldrossel 81 und den Stopper 82 zur Einspritzdüse 83 fördernd. Das Gas-gemisch wird an den Zündstellen 84 gezündet.

Der Stopper 82, in Verbindung mit dem Brenn-raum 69 stehend und von den Druckvorgängen im Brennraum 69 gesteuert, unterbricht in sinnvoller Weise während des Verpuffungsvorganges und bis zum völligen Abklingen der Verpuffung die Brenn-stoffzufuhr derart, daß ein Zurückschlagen der Flamme aus dem Brennraum 69 in die Gegend bei 64 und an die Einspritzdüse 83 mit Sicherheit ver-



hindert wird. Die in Fig. 13 gezeigte Variante, bei der die Brennstoffzuteilung und Förderung selbstverständlich noch auf eine irgendwie andere sinnvolle Weise bewirkt werden kann, stellt ein besonders einfaches wenig aufwendiges billiges Triebwerk mit mittlerem Wirkungsgrad dar, die besonders die Wirkungsweise und Vorteile des Dralldüsenventils erläutern soll.

Ein besonders wichtiges Anliegen in der Weiterentwicklung von Strahltriebwerken ist die Ausweitung des Anwendungsbereiches von Staustrahltriebwerken auf das Gebiet geringerer Fluggeschwindigkeiten. Trotzdem Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ergeben haben, daß im Gebiet sehr hoher Fluggeschwindigkeiten mit einer Machzahl größer als 2 das Staustrahltriebwerk allen anderen Triebwerken technisch weit überlegen ist, führt sich das Staustrahltriebwerk nur sehr zögernd ein, da es bei kleinen Geschwindigkeiten zu wenig leistet. Der spezifische Schub ist bei kleinen Geschwindigkeiten nicht ausreichend. Der Standschub ist sogar immer Null. Der Wirkungsgrad ist bei kleinen Fluggeschwindigkeiten sehr schlecht.

Es hat besonders in letzter Zeit nicht an Bemühungen gefehlt, das Staustrahltriebwerk mit Triebwerken anderer Bauart zu kombinieren und zu einer übergeordneten neuen Triebwerksart zu verschmelzen, derart, daß diese neue Triebwerksart bei kleinen Geschwindigkeiten nach einem dort angebrachten Verfahren z.B. als Turbinenstrahltriebwerk oder intermittierendes Staustrahltriebwerk arbeitet und daß bei steigender Fluggeschwindigkeit der Vorgang ohne Bruch in den Vorgang des kontinuierlich arbeitenden Staustrahltriebwerks übergeht. Alle diese Bemühungen haben sich bis jetzt nicht richtig durchsetzen können, da einerseits das optimal arbeitende Turbinenstrahltriebwerk nur in einem kleinen Bereich betriebssicher und günstig arbeitet und schlecht an die bei einem solchen Kombinationstriebwerk auftretenden sehr stark wechselnden Betriebsbedingungen anzupassen ist, und da andererseits ein intermittierend arbeitendes Triebwerk in der Übergangsspanne die empfindlichen Vorgänge im Überschalldiffusor des Staustrahltriebwerkes bis zur völligen Unwirksamkeit stört. Hier bietet die Strudeldüse eine Möglichkeit, einen geordneten Ausgleich der intermittierenden Vorgänge in einer Kombination von Pulsotriebwerken derart zu verwirklichen, daß ein quasi stationärer und quasi kontinuierlicher Betrieb erreicht wird, der die Vorgänge in einem Überschalldiffusor nicht mehr stört.

Eine mögliche Ausführungsform unter vielen dieses neuen kombinierten Triebwerkes zeigt Fig. 14a.

Die Luft tritt bei 85 in das Triebwerk ein. Eine Anordnung von Kreiskegeln 86 bildet im Verein mit der Diffusorscheide 87 einen wirksamen Überschalldiffusor mit machzahlveränderlichem Anfangsquerschnitt, der bei Unterschallgeschwindigkeit den Lufttritt nicht behindert und stört, bei Erreichen von Überschallgeschwindigkeit aber als

Überschalldiffusor wirkt. Daran anschließend passiert die Luft den Unterschalldiffusor 88 und den Verteilerraum 89. Vom Verteilerraum 89 an ist die Anordnung und der Verlauf der Vorgänge derselbe, wie oben beschrieben bzw. wie in Fig. 12 dargestellt.

Es sind 90 die Profilstäbe des aerodynamischen Ventils, 91 die Brennstoffeinspritzdüsen, 92 die Zündelemente, 93 die Kammerscheidewände; 94 ist die Außenhaut des Zentralkörpers 95, 96 ist der gemeinsame Brennraummantel. Davon eingeschlossen erscheinen die Brennkammern 97, wie aus dem in Fig. 14d dargestellten Querschnitt längs der Linie VI-VI der Fig. 14a hervorgeht. In Fig. 14e ist der Verlauf der die Brennkammern 97 trennenden Zwischenwände 93 dargestellt, die am Brennkammerende 99 leitschaufelartig umgebogen sind, um den Strudel zu verstärken. Der rotierende Verteiler 98 versorgt die Brennkammern in gewünschter Weise jeweils rechtzeitig mit Brennstoff und gegebenenfalls mit Zündimpulsen. Die austretenden Verbrennungsprodukte erhalten im Brennkammerende 99 einen dem Energieinhalt in etwa angepaßten endgültigen Drehimpuls. Im Sammelraum 100 trennen und ordnen sich die Gasteile gemäß ihrem Drehimpuls und ihrem Energieinhalt und bilden den die Füllung der nicht brennenden Brennkammern fördernden Düsenstrudel. In der Düse 101 wird weitere Wärmeenergie in Bewegungsenergie umgesetzt. Die Leitbleche 102, deren Abwicklung in Fig. 14c dargestellt ist, richten alle Stromlinien achsparallel aus und wandeln den restlichen Drehimpuls in nutzbaren Vorwärtsschub. Der Leitblechring 103 faßt die Leitbleche zusammen und stützt sie. Das drehbare Heckstück 104 mit den Verstellschaufeln 105 treibt den Verteiler 98 über die Welle 106 mit der gewünschten Drehzahl an.

Ein derartiges Triebwerk hat einen in ausreichenden Grenzen veränderlichen Schub bei erträglichem Brennstoffverbrauch bereits bei der Geschwindigkeit Null. Spezifischer Schub und Güte des Brennstoffverbrauchs bzw. Wirkungsgrad steigen mit steigender Geschwindigkeit und werden bereits in der Gegend der Schallgeschwindigkeit den derzeitigen Turbinenstrahltriebwerken überlegen.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit des neuen Verfahrens ergibt sich für alle Arten von kompressorlosen Gasturbinen.

Ein Triebwerkssatz von offenen ungesteuerten pulsierenden selbstansaugenden Brennkammern (Fig. 15) oder von gesteuerten geschlossenen pulsierenden Gleichraum-Brennkammern (Fig. 16) arbeitet derart auf eine Strudeldüse, daß die austretenden Gase durch die besondere Formgebung, durch feste Schaufeln oder durch die spiralförmig gewundene Anordnung der Brennkammern oder durch irgendeine andere Art der Drallerzeugung am Austritt aus den Brennkammern einen Drall mitbekommen und daß die rotierenden Gase in einem Sammelraum den Strudel bilden, der den Ansaugvorgang der nicht brennenden Kammern bewirkt und die Gasteile nach Energieinhalt und Drehimpuls trennt.

An geeigneter Stelle der Düse trifft der Gasstrudel unmittelbar oder nach dem Passieren einer festen Leitschaufelanordnung auf die Laufschaufelkränze (oder den Laufschaufelkranz) eines Turbinenrotors, der die Bewegungsenergie der verbleibenden Verbrennungsgase auf eine Arbeitswelle überträgt.

Die kompressorlose Strudeldüsengasturbine mit selbstansaugender Brennkammer zeigt zwar nicht die höchsten Wirkungsgrade, aber sie stellt eine besonders einfache und billige Form einer ortsfesten Wärmekraftmaschine dar. Wegen ihrer Billigkeit und wegen ihres geringen Gewichtes dürften sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Insbesondere ist die Turbine für den Fahrzeugantrieb geeignet.

Fig. 15 zeigt eine Verpuffungsturbine mit spiralig gewundenen offenen pulsierenden Verpuffungskammern 107, die mit Einspritzdüsen 108 und Zündstellen 109 ausgerüstet sind. Ebenso wie bei Fig. 12 werden die Einspritzstellen und Zündstellen von einem rotierenden Verteiler 110 mit Antriebswelle 111 und Verstellpropeller 112 versorgt. Als Variante gegenüber den vorhergehenden Ausführungen wird ein aerodynamisches Strudelventil 113 für jede einzelne offene Verpuffungskammer gezeigt.

Die einzelnen offenen Verpuffungskammern entleeren sich in bereits geschilderter Weise in die Ausgleichskammer 114, in der der Gasstrudel steht. Die Ausgleichskammer geht unmittelbar in die Strudeldüse 115 über.

Über die Schaufeln 116 des Turbinenläufers 117 treten die Gase ins Freie. An der Turbinenwelle 118 wird die gewonnene mechanische Arbeit abgenommen.

Die stark verwundenen Turbinenschaufeln sind so ausgebildet, daß sie in ihren inneren Teilen vorzugsweise ohne wesentliche Energieübertragung den drehimpulsarmen Gasteilchen möglichst verlustfreien Durchtritt gestatten, bzw. das Durchsaugen der nicht arbeitenden Kammern unterstützen, daß sie in ihren äußeren Teilen mit kontinuierlichem Übergang, die von an Energie und drehimpulsreichen Gasteilchen beaufschlagt werden, Arbeit aufnehmen.

Fig. 16a zeigt eine Verpuffungsturbine mit geraden, gesteuerten, geschlossenen Verpuffungskammern 119, die an ihrem Eintrittsende 120 mit leicht beweglichen großen Ventilen 121 ausgerüstet, brennbares Gasgemisch aus dem gemeinsamen Mischraum bzw. Vergaserraum 122 eintreten lassen, sich aber bei Eintritt der durch die vom rotierenden Verteiler 123 gesteuerten Zündungen der Zündstellen 124 ausgelösten Verbrennungen selbsttätig oder vom Verteiler gesteuert schließen.

An den Austrittsenden münden die Kammern über eine Drehimpuls erzeugende Beschauelfung 125 in die Ausgleichskammer 126, in der der Düsenstrudel steht.

Wie schon bei Fig. 15 gezeigt und beschrieben, geht die Ausgleichskammer 126 in die Strudeldüse 127 über. Die aus der Strudeldüse austretenden Gase beaufschlagen wie in Fig. 15 die stark ver-

wundenen Schaufeln 128 des Turbinenläufers 129. Der Verteiler kann von einem drehzahlregelbaren Elektromotor angetrieben werden. In Fig. 16b ist eine Ansicht der Verpuffungsturbine vom Querschnitt längs der Linie a-a in Fig. 16a dargestellt. Man erkennt hier die rotationssymmetrische Anordnung der Verpuffungskammern um die Turbinenachse herum sowie die den Drehimpuls erzeugende Überleitvorrichtung 125 zwischen den Verpuffungskammern 119 und dem Ausgleichsraum 126.

Die oben beschriebenen Anordnungen können in ihrer Wirksamkeit dadurch verstärkt werden, daß den offenen bzw. den geschlossenen Verpuffungskammern ein Kompressor vorgeschaltet wird, dem in bekannter Weise mechanische Energie von der Gasturbine zugeführt wird.

Dann ähnelt die Gesamtanordnung den zur Zeit gebräuchlichen Gasturbinenanlagen mit der Maßgabe, daß die Brennkammern intermittierend brennen, wobei Gleichraumverbrennung angestrebt wird, und daß den Gasen beim Verlassen der intermittierenden Brenn- bzw. Verpuffungskammern ein Drehimpuls aufgedrückt wird, der in seinem Betrag mit der Größe des Energieinhaltes der Gase wächst. Die Gase werden in einer Ausgleichskammer gesammelt, in der sich ein ordnender Düsenstrudel ausbildet. Von der Ausgleichskammer aus treten die Gase in die stark verwundene Beschauelfung des Turbinenläufers ein.

Eine derartige Ausbildung hat folgende Vorteile: Einerseits wird der Kompressor entlastet, andererseits kann bei kleinerer Kompressorleistung ein höheres Verdichtungsverhältnis erzielt werden. Auf jeden Fall wird der Wirkungsgrad bzw. die Güte des Brennstoffverbrauchs entscheidend erhöht. Die Brennkammern können für ortsfeste Turbinen in geeigneter Weise als ventilgesteuerte geschlossene Verpuffungskammern, für Flugzeugtriebwerke als ventillose ungesteuerte offene Verpuffungskammern ausgebildet werden.

Eine Anordnung dieser Art zeigt die Fig. 17a. Bei 130 tritt Luft in das Triebwerk ein. Ein Lager 131 und ein Lager 132 stützen den Läufer 140, der über ein Getriebe 141 den Verteiler 142 antreibt. Im Verteiler 142 sind die Brennstoffeinspritzpumpen und die Zündeinrichtung vereinigt. Stützschaufeln 143 und 144 stellen die Verbindung zwischen den Lagern und dem Gehäuse 145 her. Der Rotor 146 des Axialkompressors trägt rotierende Schaufelblätter 147. Am Gehäuse 145 sind Statorschaufeln 148 befestigt, die durch die Stützringe 149 gestützt werden. Der linke Teil von Fig. 17b zeigt die Abwicklung der Kompressorbeschauelfung. Nachdem die Luft den Ausgleichsraum 150 passiert hat, tritt sie in die Brennkammern 151 ein. In den Brennkammern sind Profilstäbe 152 angeordnet, die in ihrer Gesamtheit das aerodynamische Rückschlagventil 153 bilden. Die Anordnung der Profilstäbe geht aus der Abwicklung gemäß Fig. 17b hervor. Ferner befinden sich in den Brennkammern Einspritzstellen 154 und Zündstellen 155. Die Einspritzstellen stehen durch die Brennstoffleitung 156 mit dem Verteiler in Verbindung. Die Brennkammern

sind durch Brennkammerscheidewände 157 voneinander getrennt. Am Ende der Brennkammerscheidewände sorgen die Brennkammerscheidewandenden 158 und die Leitschaufeln 159 für die Erzeugung des notwendigen Dralls.

Die innere Begrenzung der Brennkammern ist durch die Außenhaut 160 des Zentralkörpers gegeben. Im Strudelraum 161 bildet sich der ausgleichende Strudel aus, der in der Struldüse 162 verstärkt wird. Der Turbinenrotor 163 trägt die Rotorschaufeln 164. Am Gehäuse sind Statorschaufeln 165 befestigt, die durch den Stützring 166 gestützt werden. In der Turbine 163 bis 166 geben die Verbrennungsgase einen Teil ihrer Energie ab, die der Rotor 140 an den Axialverdichter 147 bis 149 weiterleitet. Der Rest der nutzbaren Energie wird in der Antriebsdüse 167 in nutzbaren Schub umgesetzt. Der rechte Teil der Fig. 17b zeigt wiederum die Abwicklung der Turbinenschaufelung.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum geordneten Ausgleich intermittierender Verbrennungen, bei denen die Arbeitsgase mit zeitlich schnell wechselnden Zustandsgrößen bzw. zeitlich schnell wechselnden Energieinhalten anfallen, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsgase einen Drehimpuls erhalten, dessen Größe mit steigendem Energieinhalt wächst, und dann einer rotationssymmetrischen Ausgleichskammer zur Erzeugung eines das zeitliche Nacheinander der einzelnen Energiestufen der Arbeitsgasteile in ein geordnet räumliches Nebeneinander umwandelnden Düsen- bzw. Rohrstrudels zugeführt werden, wonach die Wärmeenergie der so geordneten Arbeitsgase in einer der Ausgleichskammer folgenden Struldüse teilweise in Bewegungsenergie umgesetzt wird, wobei in der Struldüse eine nachträgliche entropievermehrnde Mischung der Arbeitsgase verhindert wird.

2. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der Struldüse feste Leitvorrichtungen vorgesehen sind, die den Drehimpuls der Gase in Schub umsetzen.

3. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende der Struldüse ein Turbinenläufer angeordnet ist, dessen Beschaukelung den aus der Struldüse austretenden Gasen mechanisch Energie entzieht.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß am Umfang der Struldüse Arbeitsgas mit hohem Energieinhalt unter hohem Druck entnommen wird und zur Arbeitsleistung an einer anderen Stelle, z. B. in den Rotorblattdüsen eines Hubschraubers, benutzt wird.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die intermittierend anfallenden Auspuffgase einer Brennkraftkolbenmaschine mittels einer Struldüse räumlich ge-

ordnet und dann einer weiteren Verwertung zugeführt werden.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, gekennzeichnet durch die Benutzung des druckarmen Kerns des Düsenstrudels zum Laden bzw. zur Förderung der Ladung der Brennkammer.

7. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß am Eintritt der Brennkammer bzw. Brennkammern ein aerodynamisches Strudelventil angeordnet ist.

8. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Struldüse eine oder mehrere Brennkammern angeordnet werden.

9. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 8, gekennzeichnet durch ein rotierendes Verteileraggregat, welches den Brennkammern zeitgerecht und regelbar Brennstoffmengen und Zündimpulse zuleitet.

10. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Brennkammer zur Erzielung einer möglichst idealen Gleichraumverbrennung mehrere Einspritzstellen und Zündstellen in axialer und/oder Umfangsrichtung verteilt angeordnet sind.

11. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß am Austritt der Brennkammer oder der Brennkammern eine Beschaukelung angeordnet ist, die den austretenden Gasen einen Drehimpuls erteilt.

12. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkammern bzw. die Scheidewände zwischen benachbarten Brennräumen so spiralförmig gewunden sind, daß den austretenden Arbeitsgasen ein Drehimpuls erteilt wird.

13. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 12, gekennzeichnet durch eine Strahltriebwerksausbildung mit vorgesehitem Lufteintrittsstutzen und Diffusor mit Eintrittsventil oder Ventilen oder aerodynamischen Ventilen, vorzugsweise solchen ohne bewegliche Teile, mit Drall erzeugenden Vorrichtungen am Austritt der intermittierend arbeitenden Brennkammern, mit einer rotationssymmetrischen Ausgleichskammer, in der ein Düsenstrudel steht, und mit einer abschließenden Struldüse mit oder ohne Drehimpuls umwandelnden Leitschaufeln.

14. Einrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch einen dem Lufteinlaßquerschnitt vorgesetzten Mehrstoßüberschalldiffusor.

15. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere parallele intermittierende Verpuffungskammern, in den aus der Verpuffungskammer bzw. den Verpuffungskammern austretenden Arbeitsgasen einen Drehimpuls erteilende Vorrichtung, eine die Arbeitsgase durch Düsenstrudel ordnende Ausgleichs-

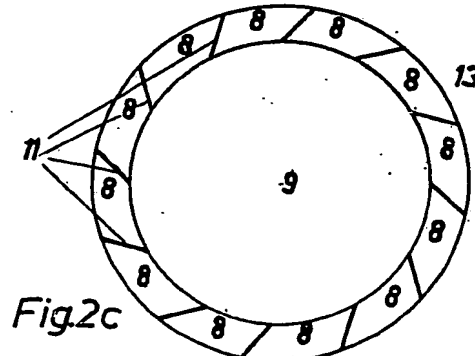
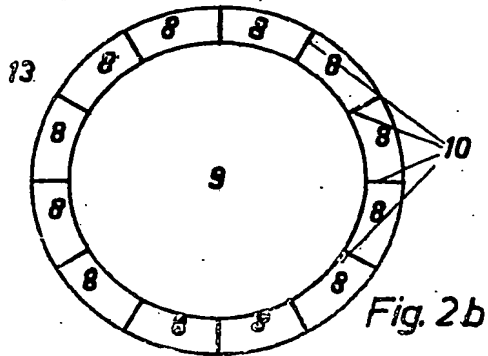
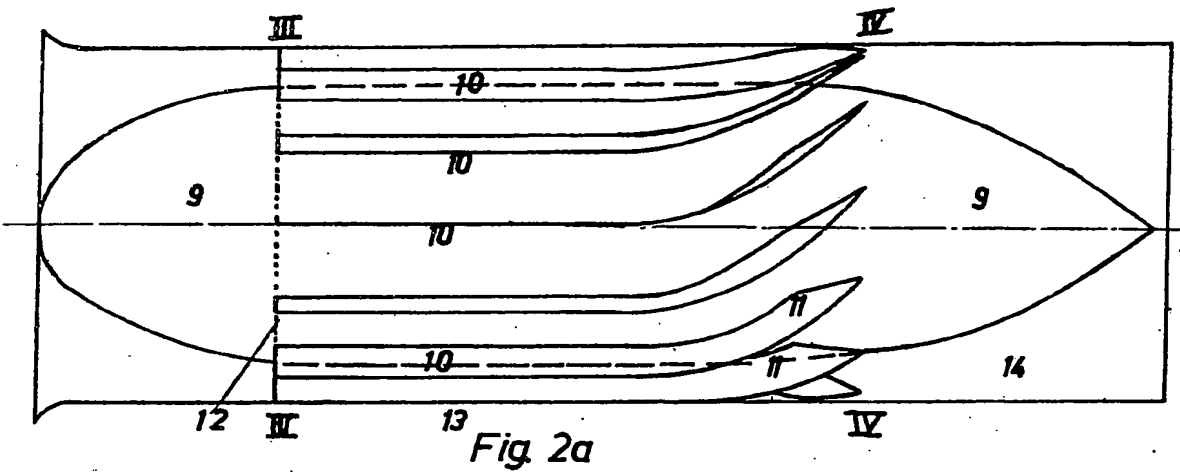
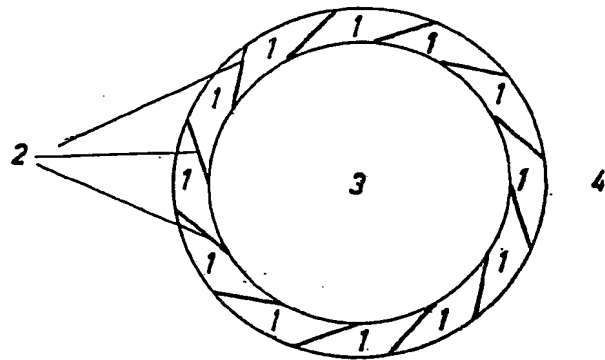
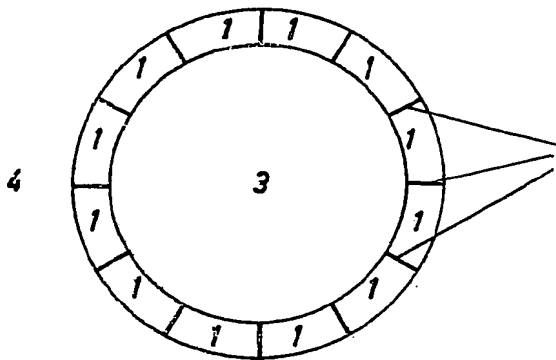
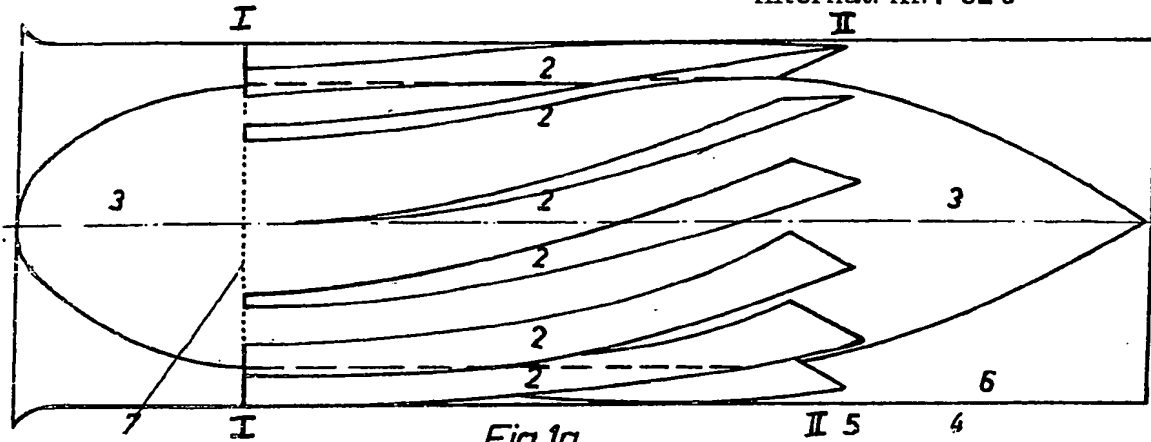
kammer und die Beschaufelung eines Turbinenläufers in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind.

5 16. Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 15, dadurch gekenn-

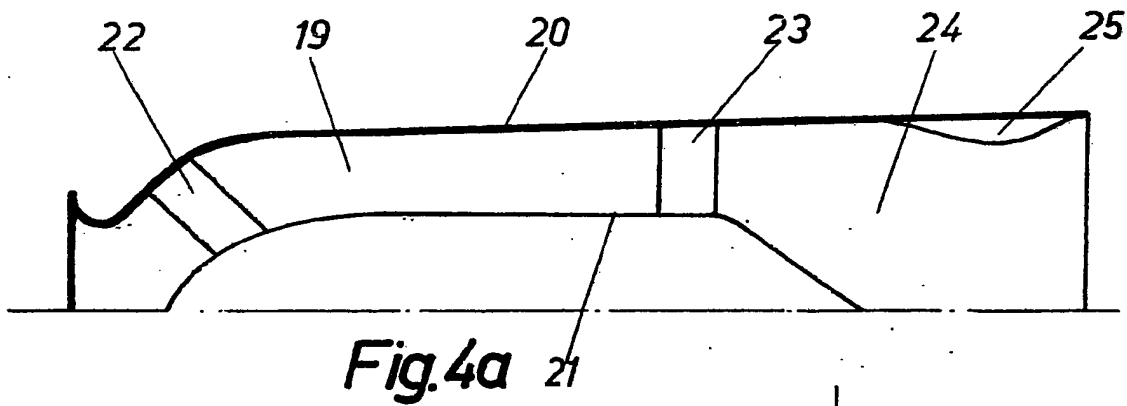
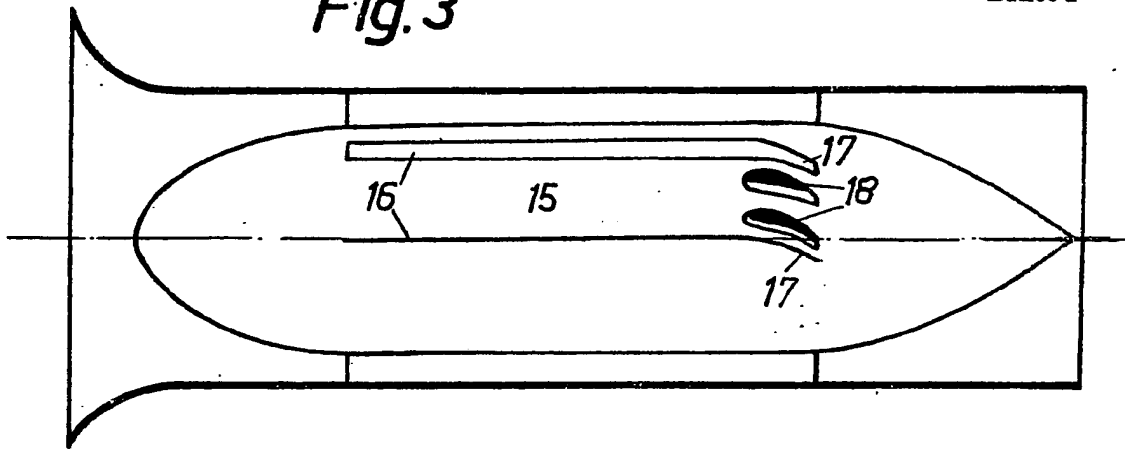
zeichnet, daß die Turbinenläuferschaufeln in Achsnähe am Schaufelfuß zur Beaufschlagung durch energiearmes Arbeitsgas und nach dem Schaufelkopf zur Beaufschlagung durch energiereicheres Arbeitsgas profiliert sind.

10

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



**Fig. 3**



**Fig. 4a**

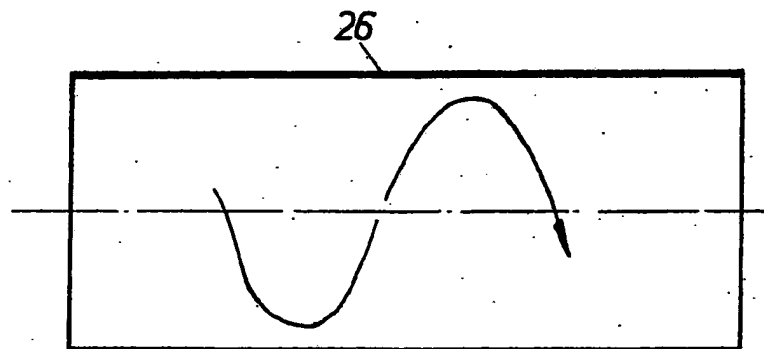


**Fig. 4b**

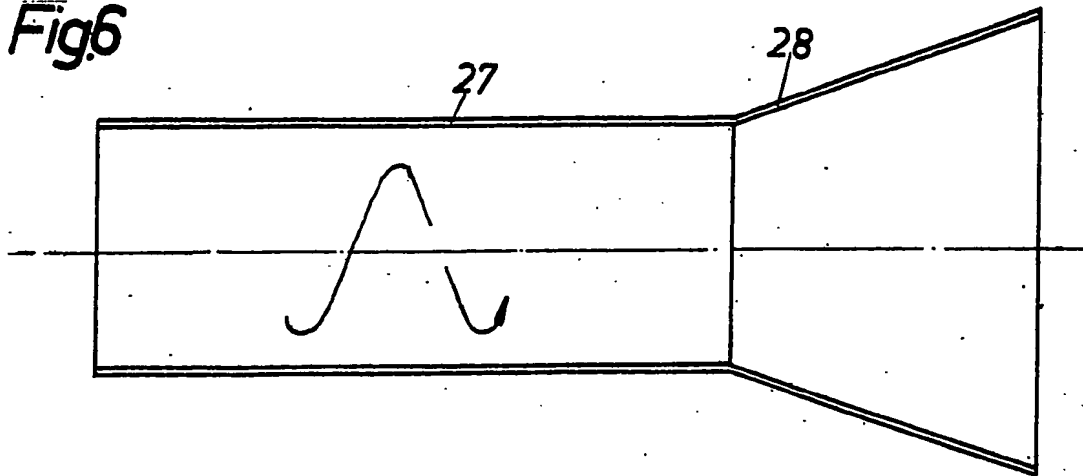


**Fig. 4c**

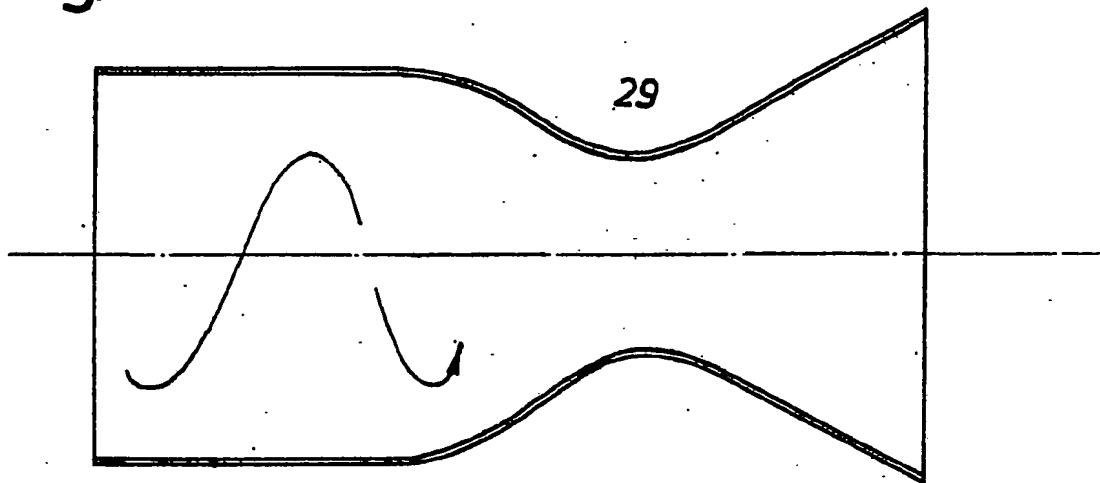
**Fig. 5**



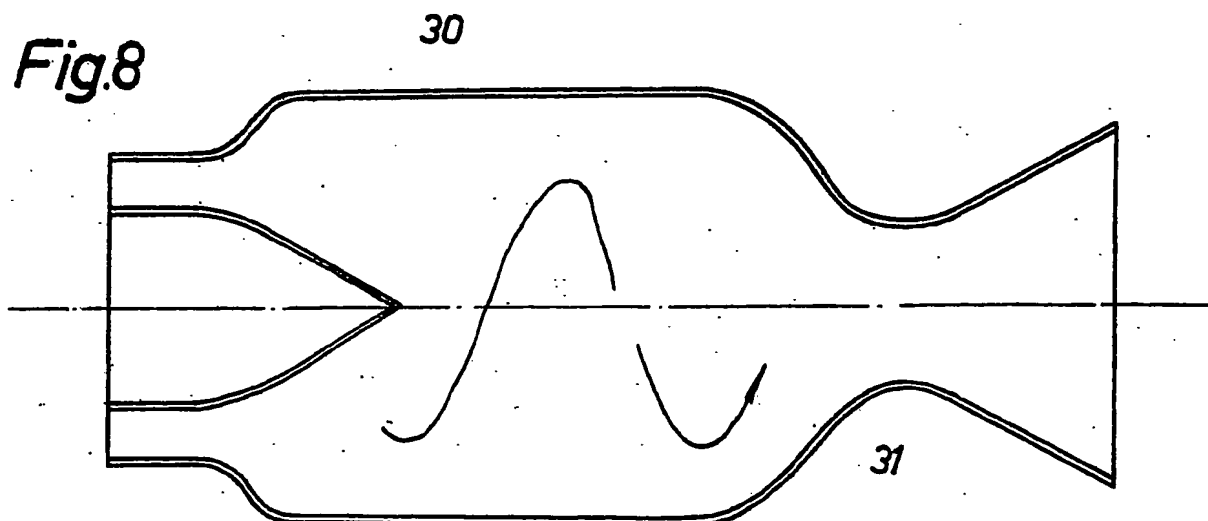
**Fig.6**



**Fig.7**

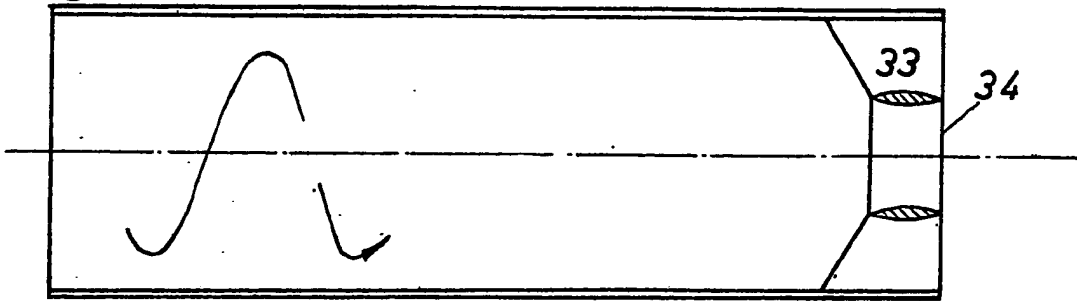


**Fig.8**



**Fig. 9a**

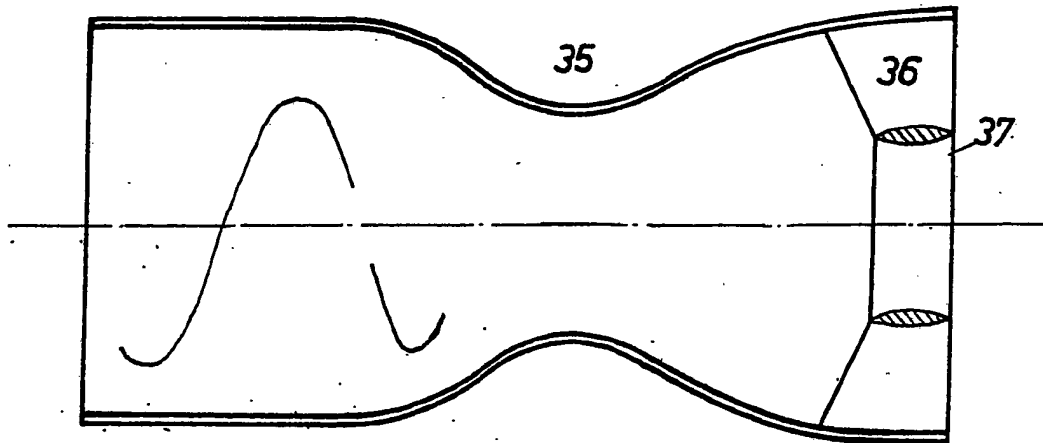
32



**Fig. 9b**



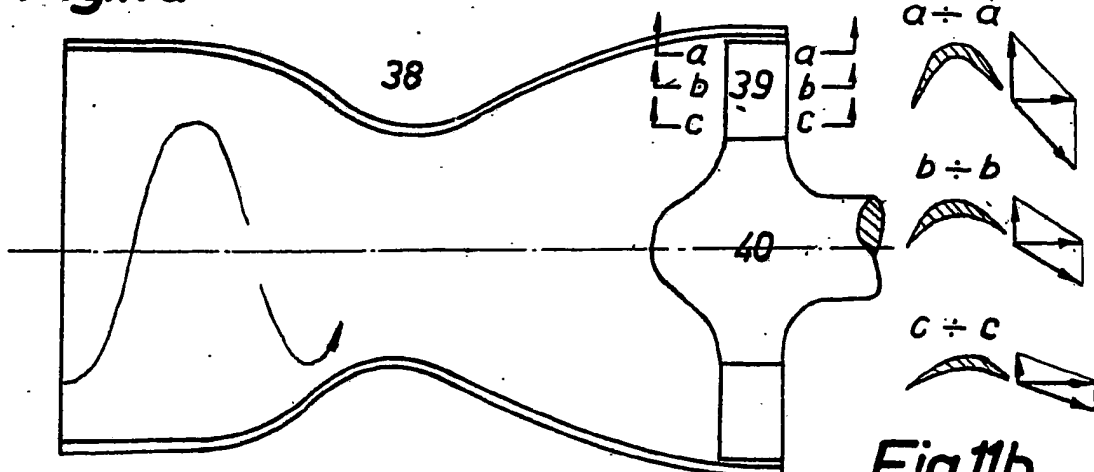
**Fig. 10a**



**Fig. 10b**



**Fig. 11a**



**Fig. 11b**



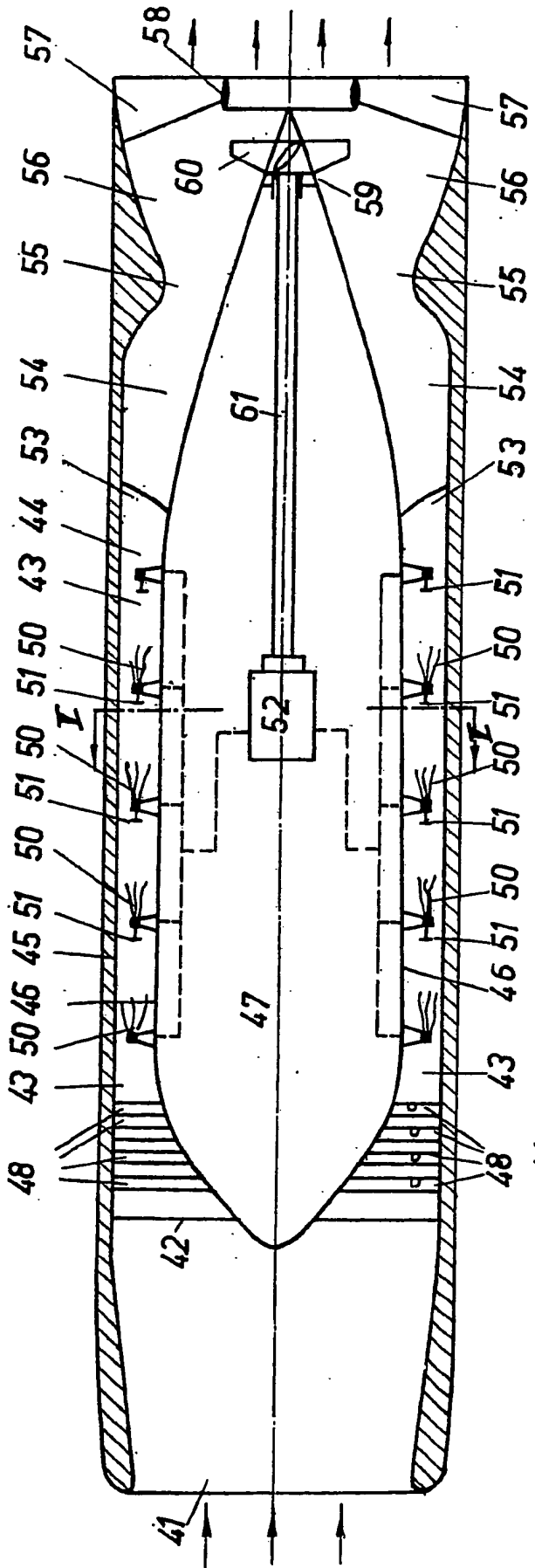


Fig. 12a

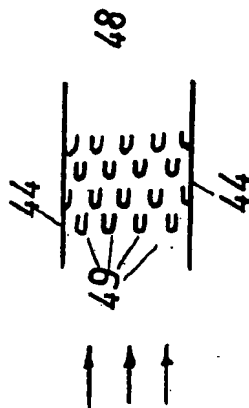


Fig. 12b

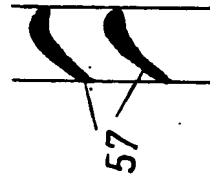


Fig. 12c

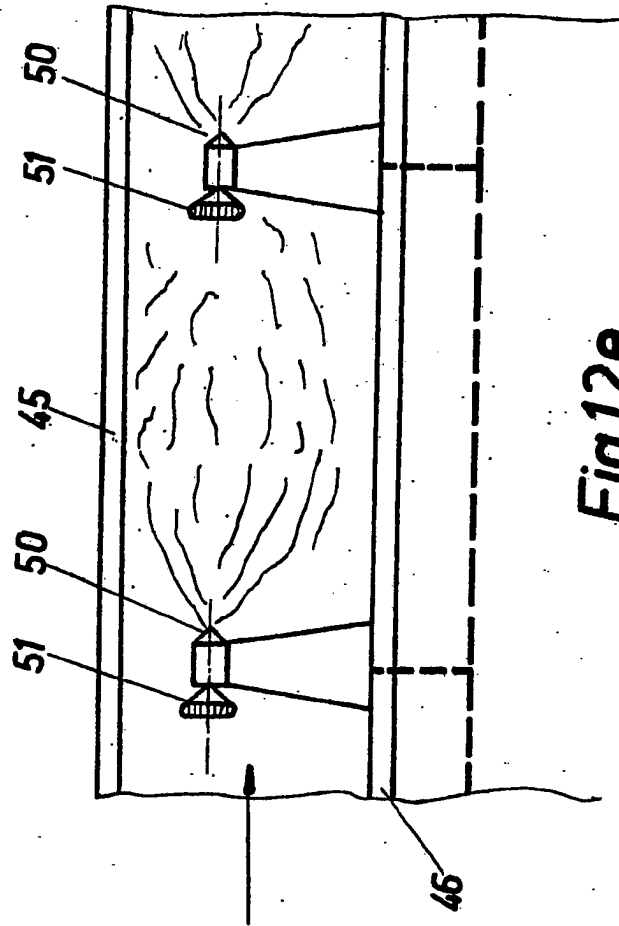


Fig. 12e

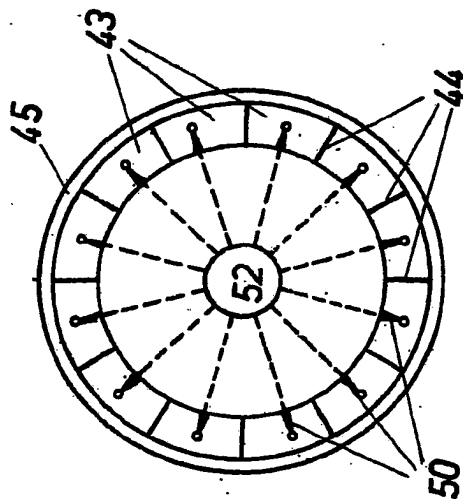
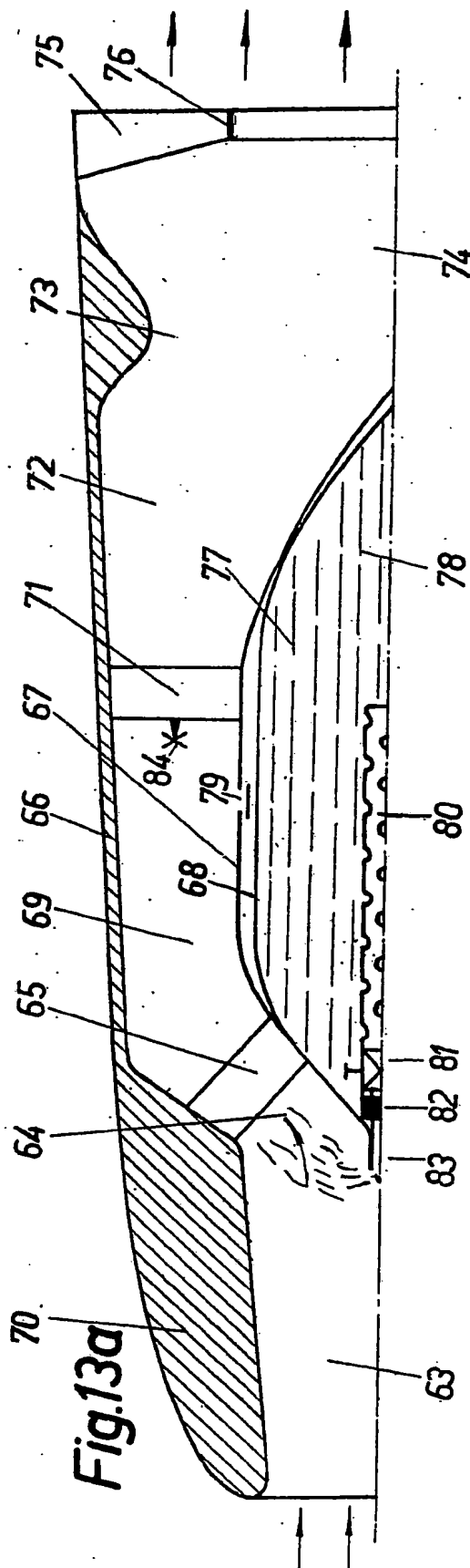
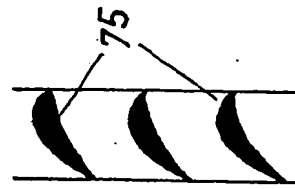


Fig. 12d



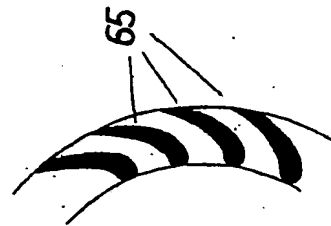
**Fig. 13a**



**Fig.13d**



**Fig. 13c**



**Fig. 13b**

**Fig. 13**

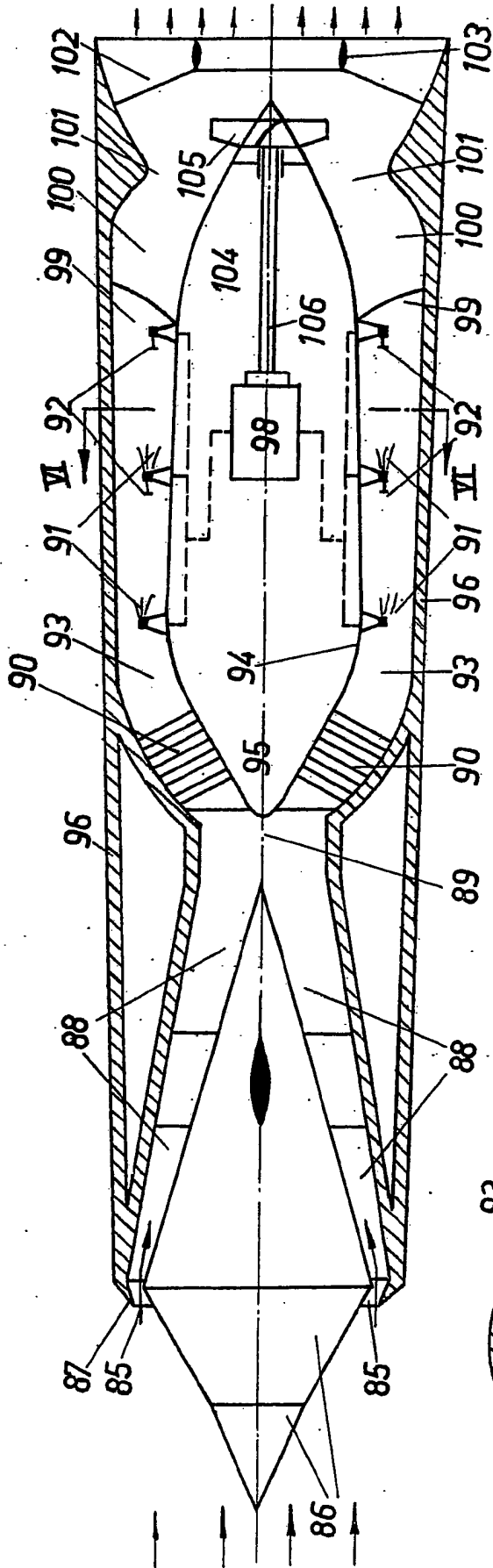


Fig. 14a

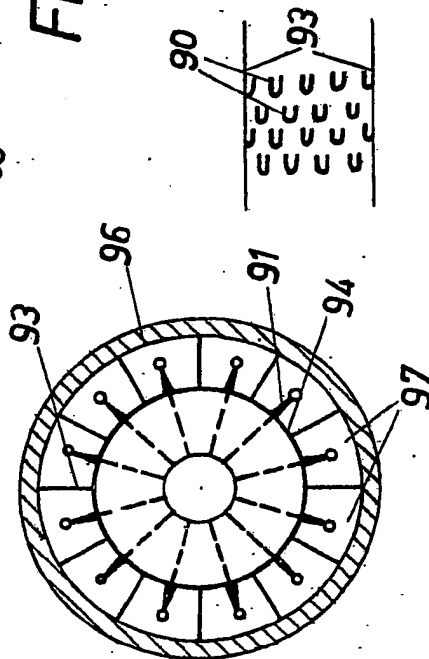


Fig. 14b



Fig. 14c

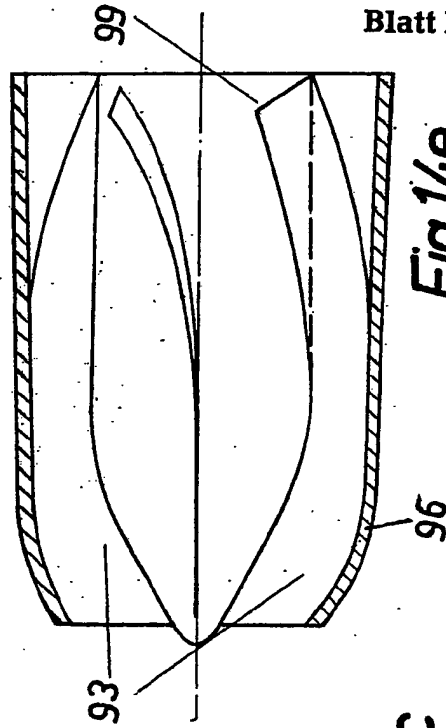


Fig. 14e

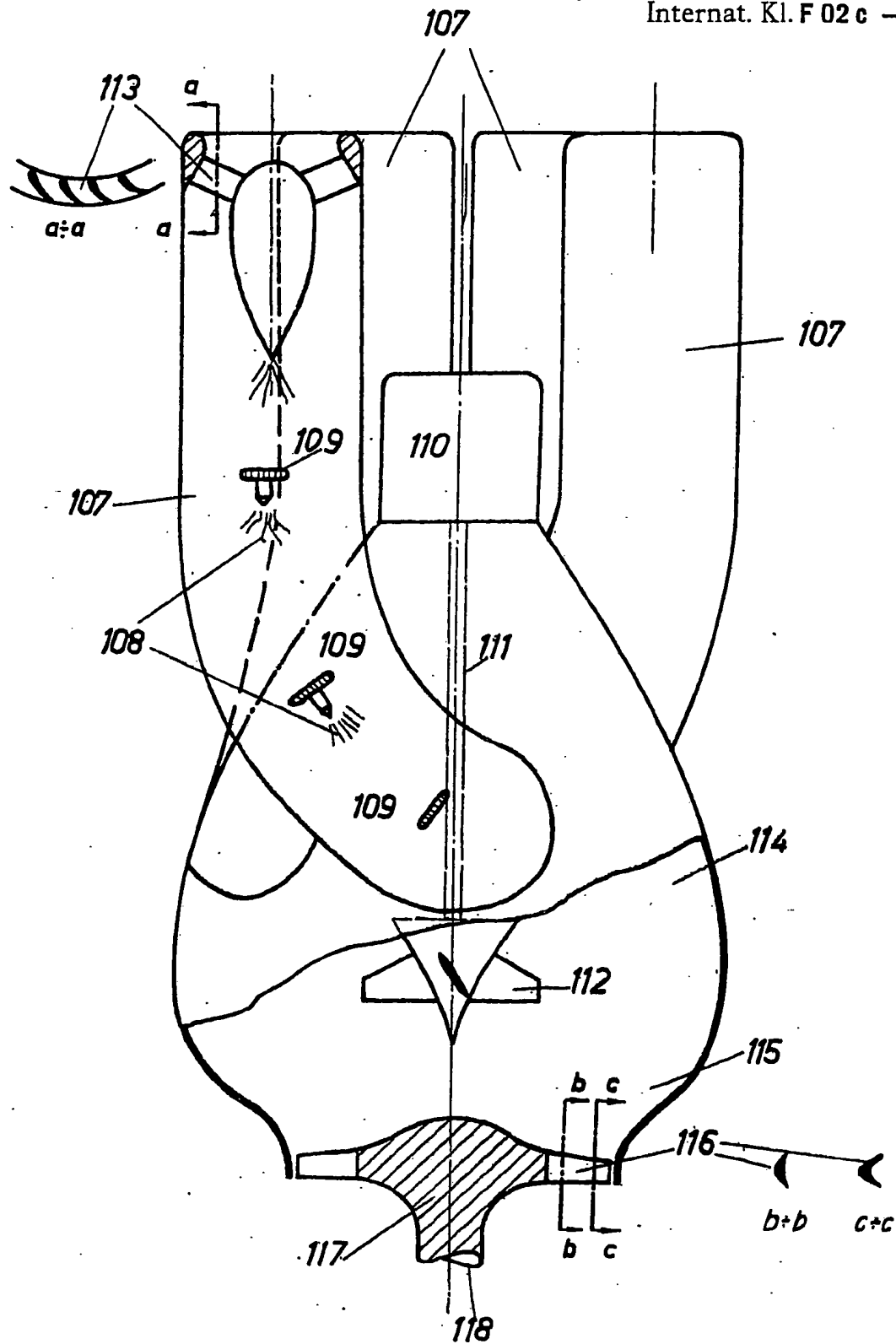
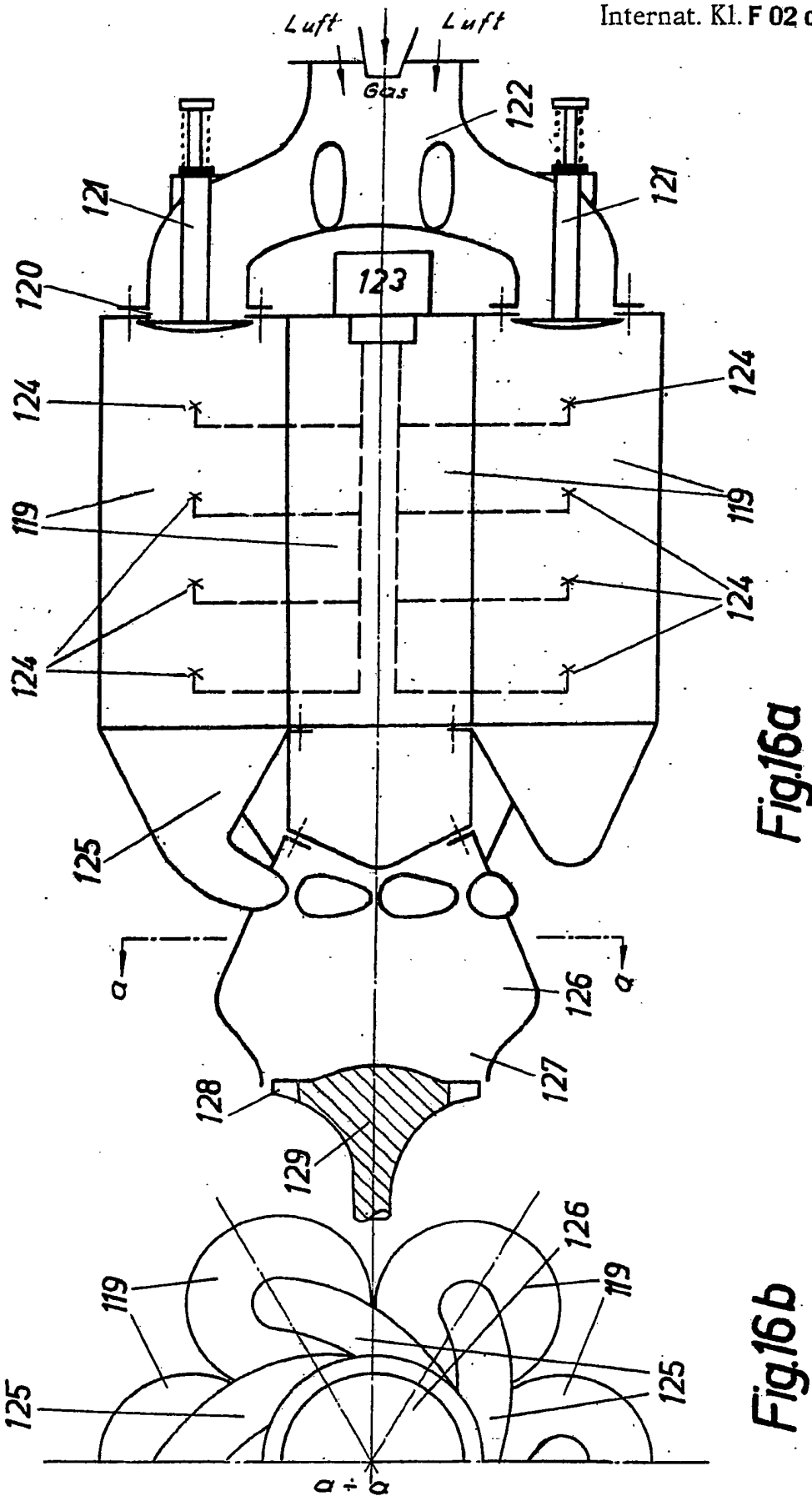


Fig. 15



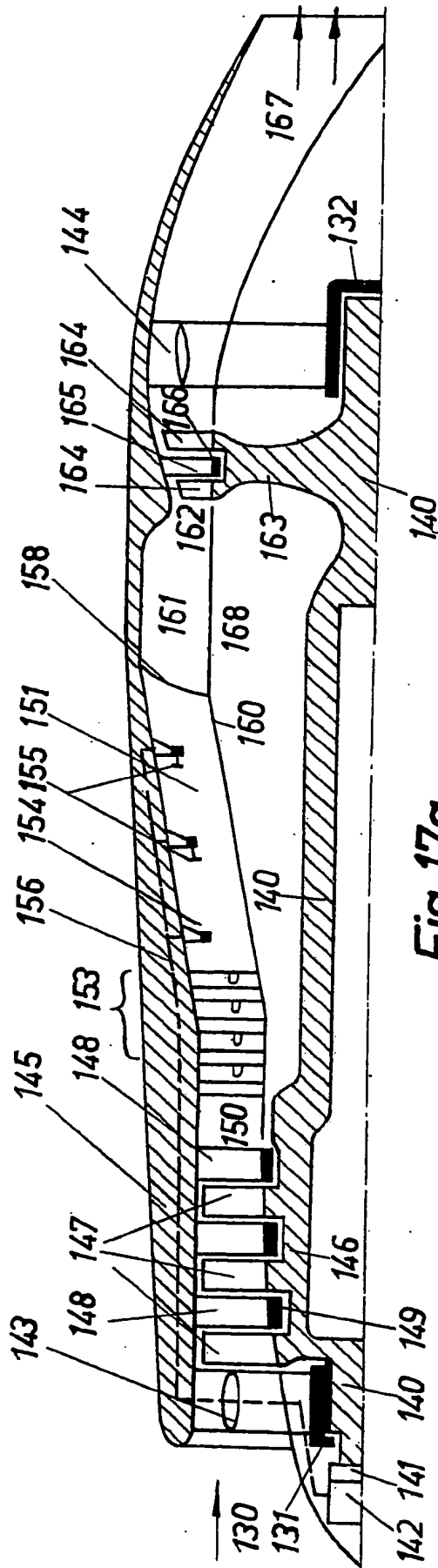


Fig. 17a

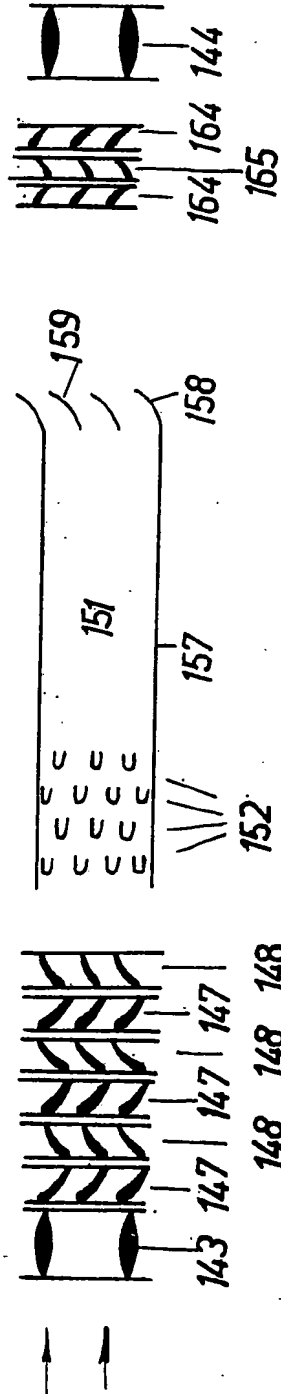


Fig. 17b

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**